

特許協力条約

PCT

特許性に関する国際予備報告（特許協力条約第二章）

（法第 12 条、法施行規則第 56 条）
〔PCT36 条及び PCT 規則 70〕

REC'D 09 DEC 2005

WIPO

PCT

出願人又は代理人 の書類記号 PF16808	今後の手続きについては、様式 PCT/ I P E A / 4 1 6 を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP2004/013158	国際出願日 (日.月.年) 09.09.2004	優先日 (日.月.年) 09.09.2003
国際特許分類 (IPC) Int.Cl. H01L31/0304, H01L31/0203, H01L27/144		
出願人 (氏名又は名称) 旭化成株式会社		

- この報告書は、PCT35 条に基づきこの国際予備審査機関で作成された国際予備審査報告である。
法施行規則第 57 条 (PCT36 条) の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 5 ページからなる。
- この報告には次の附属物件も添付されている。
 - ☒ 附属書類は全部で 10 ページである。
 - ☒ 補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関が認めた訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面の用紙 (PCT 規則 70.16 及び実施細則第 607 号参照)
 - ☐ 第 I 欄 4. 及び補充欄に示したように、出願時における国際出願の開示の範囲を超えた補正を含むものとこの国際予備審査機関が認定した差替え用紙
 - ☐ 電子媒体は全部で (電子媒体の種類、数を示す)。
配列表に関する補充欄に示すように、電子形式による配列表又は配列表に関連するテーブルを含む。
(実施細則第 802 号参照)
- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
 - ☒ 第 I 欄 国際予備審査報告の基礎
 - ☐ 第 II 欄 優先権
 - ☐ 第 III 欄 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
 - ☒ 第 IV 欄 発明の単一性の欠如
 - ☒ 第 V 欄 PCT35 条 (2) に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
 - ☐ 第 VI 欄 ある種の引用文献
 - ☐ 第 VII 欄 国際出願の不備
 - ☐ 第 VIII 欄 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 06.04.2005	国際予備審査報告を作成した日 21.11.2005		
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 濱田 聖司	2 K	9 2 0 7
	電話番号 03-3581-1101	内線	3255

様式 PCT/ I P E A / 4 0 9 (表紙) (2005 年 4 月)

第 I 欄 報告の基礎

1. 言語に関し、この予備審査報告は以下のものを基礎とした。

- ☒ 出願時の言語による国際出願
☐ 出願時の言語から次の目的のための言語である _____ 語に翻訳された、この国際出願の翻訳文
- ☐ 国際調査 (PCT 規則 12.3(a) 及び 23.1(b))
☐ 国際公開 (PCT 規則 12.4(a))
☐ 国際予備審査 (PCT 規則 55.2(a) 又は 55.3(a))

2. この報告は下記の出願書類を基礎とした。(法第 6 条 (PCT 14 条) の規定に基づく命令に応答するために提出された差替え用紙は、この報告において「出願時」とし、この報告に添付していない。)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書

第 1-2, 4, 7-10, 12, 14-40 _____ ページ、出願時に提出されたもの

第 3, 5, 6, 6/1, 11, 13 _____ ページ*、2005.04.06 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ ページ*、 _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☒ 請求の範囲

第 2-12, 14-22, 24-28 _____ 項、出願時に提出されたもの

第 _____ 項*、PCT 19 条の規定に基づき補正されたもの

第 1, 13, 23 _____ 項*、2005.04.06 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ 項*、 _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☒ 図面

第 1-15 _____ ページ/図、出願時に提出されたもの

第 _____ ページ/図*、 _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

第 _____ ページ/図*、 _____ 付で国際予備審査機関が受理したもの

☐ 配列表又は関連するテーブル

配列表に関する補充欄を参照すること。

3. ☐ 補正により、下記の書類が削除された。

☐ 明細書 第 _____ ページ

☐ 請求の範囲 第 _____ 項

☐ 図面 第 _____ ページ/図

☐ 配列表 (具体的に記載すること) _____

☐ 配列表に関連するテーブル (具体的に記載すること) _____

4. ☐ この報告は、補充欄に示したように、この報告に添付されかつ以下に示した補正が出願時における開示の範囲を超えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT 規則 70.2(c))

☐ 明細書 第 _____ ページ

☐ 請求の範囲 第 _____ 項

☐ 図面 第 _____ ページ/図

☐ 配列表 (具体的に記載すること) _____

☐ 配列表に関連するテーブル (具体的に記載すること) _____

* 4. に該当する場合、その用紙に "superseded" と記入されることがある。

第IV欄 発明の単一性の欠如

1. ☐ 請求の範囲の減縮又は追加手数料の納付命令書に対して、出願人は、規定期間内に、
- ☐ 請求の範囲を減縮した。
 - ☐ 追加手数料を納付した。
 - ☐ 追加手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、異議を申し立てた。
 - ☐ 追加手数料の納付と共に異議を申し立てたが、規定の異議申立手数料を支払わなかった。
 - ☐ 請求の範囲の減縮も、追加手数料の納付もなかった。
2. ☒ 国際予備審査機関は、次の理由により発明の単一性の要件を満たしていないと判断したが、PCT規則68.1の規定に従い、請求の範囲の減縮及び追加手数料の納付を出願人に求めないこととした。
3. 国際予備審査機関は、PCT規則 13.1、13.2 及び 13.3 に規定する発明の単一性を次のように判断する。

- ☐ 満足する。
- ☒ 以下の理由により満足しない。

請求の範囲 1 は、InSb系の化合物半導体からなる赤外線センサをハイブリッド実装した点に特徴を有する発明であると認められるのに対して、請求の範囲 13、23 は、InSb系の化合物半導体からなる赤外線センサの層構造に特徴を有する発明であると認められる。

したがって、請求の範囲 1-12 と請求の範囲 13-28 とは、PCT規則 13.2 の意味における共通する特別な技術的特徴を有していない。

4. したがって、国際出願の次の部分について、この報告を作成した。

☒ すべての部分

☐ 請求の範囲 _____ に関する部分

第V欄 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性 (N)	請求の範囲	1 - 2 8	有
	請求の範囲		無
進歩性 (I S)	請求の範囲	1 3 - 2 8	有
	請求の範囲	1 - 1 2	無
産業上の利用可能性 (I A)	請求の範囲	1 - 2 8	有
	請求の範囲		無

2. 文献及び説明 (PCT規則 70.7)

文献1: WO 96/05621 A (SRI International)

文献2: K.Yamamoto et al., "Development of JFET amplified InSb infrared detector array for use at liquid helium temperature", SPIE Vol.1157, Infrared Technology XV (1989), pp.338-349

文献3: E.Michel et al., "Sb-based infrared materials and photodetectors for the 3-5 and 8-12 μ m range", The International Society for Optical Engineering, Proceedings of SPIE Vol.2685, Photodetectors: Materials and Devices, April 1996, pp.101-111

文献4: JP 62-257773 A (株式会社東芝)

文献5: JP 6-196745 A (日本電気株式会社)

文献6: US 5455421 A (Spears)

文献7: 新版電気工学ハンドブック、社団法人電気学会 昭和63年発行、基礎部門 8編電子デバイス 9章ハイブリッドIC、第376頁-第378頁

(1) 文献1には、赤外線検出器として以前からInSbなどがあること、また、GaAs基板の上にInSnのような材料を設け、同一のチップ上に集積回路を搭載してモノリシックに製造すること、などが記載されている(第1頁-第2頁)。

したがって、請求の範囲1は、化合物赤外線センサ部と集積回路部とをハイブリッドの形態で配設した点において、それらをモノリシックに搭載した文献1とは異なる。

しかし、文献7における開示内容(…ハイブリッドICは混成集積回路とも呼ばれ、シリコンチップ内に回路を形成したモノリシックIC(半導体集積回路)と対比される。…ハイブリッドICはモノリシックICと競合するものではなく、相互補完的な役割を果たすものである。例えば、電子装置の新製品開発の初期にはハイブリッドICが使われることが多い。また、電源回路、出力回路、電動機駆動回路、センサ回路などにはハイブリッドICが多く使われる。…)に照らせば、赤外線センサ部や集積回路部を集積する技術として、モノリシック型もハイブリッド型も本願の出願時においては周知の形態であり、例えば、素子の集積度、パッケージの大きさ、などを考慮した上で、いずれかを選択すればよいことは当業者には自明であったと認められる。

したがって、請求の範囲1は文献1に対して進歩性はないと考えられる。

(補充欄に続く)

補充欄

いずれかの欄の大きさが足りない場合

第 V 欄の続き

(2) 請求の範囲 2-12 に関しては、文献 1 には InSb 赤外線センサの構造については具体的に開示されていない点で相違する。

しかし、InSn 赤外線センサとしては、文献 3 に、p-i-n 構造やヘテロ構造を採用すること、n 型ないし p 型ドーパントとして Sn や Zn があること、文献 4 に、InAsSb などのバッファ層を設けること、pn 構造とすること、文献 5 に、AlGaSb/InAs の超格子構造とすること、GaSb バッファ層を設けること、文献 6 に、pn 構造、横方向ダイオード、超格子構造などが、それぞれ開示されている。

したがって、請求の範囲 2-12 は文献 1、3-6 から進歩性はないと考えられる。

(3) 請求の範囲 13、23 については、第六化合物半導体層の電子移動度を大きくしてセンサの素子抵抗を下げ、かつ、第八化合物半導体層によってセンサの拡散電流を抑制するために、第六から第八の化合物半導体層を同項のようなバンドギャップに規定したものと認められるが、この点は上記文献 1-7 には開示されていない。

したがって、請求の範囲 13-28 は上記文献に対して進歩性を有すると考えられる。

一パッケージ内でハイブリッド形成させることにより、室温で検知できることを見出し、本発明をなすに至った。さらに本発明一実施形態に係る赤外線センサは、電磁ノイズや熱ゆらぎの影響を受けにくいという特徴を有することを見出した。さらに、本発明の一実施形態に係る赤外線センサ IC の化合物半導体センサ部は、素子抵抗が小さいため、化合物半導体センサ部から出力される信号処理回路における R や C を小さくでき、従ってセンサモジュールとしたときの IC の小型化が可能となる。

[0012] さらに、本発明の一実施形態に係る赤外線センサ IC は、赤外線センサ部と集積回路部とを別々に製作できるので、デバイスプロセスはそれぞれに適したプロセスを利用できる。また、赤外線センサ部と集積回路部とはハイブリッド形成されているために、モノリシック構造で問題となった集積回路部からの発熱の影響を受けにくい。従って本発明の一実施形態に係る赤外線センサ IC は冷却する必要がないという大きな特徴を有している。

[0013] すなわち、本発明における第 1 の実施形態の赤外線センサ IC は、基板上に薄膜成長されたインジウムおよびアンチモンを含む化合物半導体層を有し、該化合物半導体層により赤外線を検知して該検知を示す電気信号を出力する化合物半導体センサ部と、前記化合物半導体センサ部から出力される電気信号を処理して所定の演算を行う集積回路部とを備え、前記化合物半導体センサ部及び前記集積回路部が同一パッケージ内にハイブリッドの形態で配設されていることを特徴とする。

[0014] 本発明の第 2 の実施形態の赤外線センサ IC は、本発明の第 1 の実施形態の赤外線センサ IC において、前記化合物半導体センサ部は、基板と、該基板上に、格子不整合を緩和させる層であるバッファ層をはさんで形成された化合物半導体層とを備えることを特徴とする。また、前記バッファ層は、AlSb、AlGaSb、AlGaAsSb、AlInSb、GaInAsSb、AlInAsSb のいずれかであってもよい。

[0015] 本発明の第 3 の実施形態の赤外線センサ IC は、本発明の第 1 及び第 2 の実施形態の赤外線センサ IC において、前記化合物半導体層が、第一化合物半導体層の単層からなり、かつ該第一化合物半導体層が、InSb、InAsSb、InSbBi、InAsSbBi、InTlSb、InTlAsSb、InSbN、InAsSbN のいずれかであることを特徴とする。ここで、前記第一化合物半導体層が、p 型ドーピングされていてもよい。

ングされた InSb/n 型ドーピングされた GaInSb の中から選択された $p-n$ 接合積層体であってもよい。

[0019] 本発明の第7の実施形態の赤外線センサは、基板と、該基板上に形成された、複数の化合物半導体層が積層された化合物半導体の積層体とを備え、前記化合物半導体の積層体は、該基板上に形成された、インジウムおよびアンチモンを含み、 n 型ドーピングされた材料である第六化合物半導体層と、該第六化合物半導体層上に形成された、インジウムおよびアンチモンを含み、 p 型ドーピングされた材料である第七化合物半導体層と、該第七化合物半導体層上に形成された、前記第七化合物半導体層よりも高濃度に p 型ドーピングされ、かつ前記第六化合物半導体層、及び前記第七化合物半導体層よりも大きなバンドギャップを有する材料である第八化合物半導体層とを備えることを特徴とする。前記第六化合物半導体層は InSb であり、前記第七化合物半導体層が、 InSb 、 InAsSb 、 InSbN のいずれかであり、前記第八化合物半導体層は、 AlInSb 、 GaInSb 、または AlAs 、 InAs 、 GaAs 、 AlSb 、 GaSb およびそれらの混晶のいずれかであってもよい。また、前記第六化合物半導体層の n 型ドーパントは Sn であり、前記第七化合物半導体層および前記第八化合物半導体層の p 型ドーパントは Zn であってもよい。

[0020] また、前記化合物半導体の積層体は、前記第八化合物半導体層上に形成された、インジウムおよびアンチモンを含み、該第八化合物半導体層と同等か、またはそれ以上の濃度に p 型ドーピングされた材料である第九化合物半導体層をさらに備えることができる。前記第九化合物半導体層は、 InSb であってもよい。

[0021] さらに、前記基板は、半絶縁性、または前記基板と該基板に形成された第六化合物半導体層とが絶縁分離可能である基板であり、前記第六化合物半導体層のうち、前記第七化合物半導体層が形成されていない領域に形成された第1電極と、前記第八化合物半導体層上に形成された、第2電極とをさらに備えることができる。なお、「前記第八化合物半導体層上に形成された」とは、第八化合物半導体層に対して第2の電極が空間的に上に形成されることを指す。すなわち、第2の電極を第八化合物半導体層の直上に形成することに限らず、第八化合物半導体層に他の層（例えば、第九化合物半導体層）を形成し、該層に第2の電極を形成することも含まれる。ここで

、前記基板上には、前記化合物半導体の積層体に形成された第1の電極と、該第1の電極が形成された化合物半導体の積層体の隣の化合物半導体の積層体に形成された第2の電極とが直列接続するように、複数の前記化合物半導体の積層体が連続的に形成されていてもよい。

[0022] 本発明の第7の実施形態において、出力信号を測定する際に、前記第1および第2の電極間のバイアスをゼロバイアスとし、赤外線入射時の信号を開放回路電圧として読み出すようにしてもよい。

[0023] 本発明の第8の実施形態の赤外線センサICは、本発明の第7の実施形態の赤外線センサと前記赤外線センサから出力される電気信号を処理して所定の演算を行う集積回路部とを備え、前記赤外線センサ及び前記集積回路部が同一パッケージ内にハイブリッドの形態で配設されていることを特徴とする。

[0024] 本発明の第9の実施形態の赤外線センサの製造方法は、基板上に、インジウムおよびアンチモンを含み、n型ドーピングされた材料である第六化合物半導体層を形成する工程と、該第六化合物半導体層上に、インジウムおよびアンチモンを含み、ノンドープあるいはp型ドーピングされた材料である第七化合物半導体層を形成する工程と、該第七化合物半導体層上に、前記第七化合物半導体層よりも高濃度にp型ドーピングされ、かつ前記第六化合物半導体層、及び前記第七化合物半導体層よりも大きなバンドギャップを有する材料である第八化合物半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする。前記第六化合物半導体層はInSbであり、前記第七化合物半導体層が、InSb、InAsSb、InSbNのいずれかであり、前記第八化合物半導体層は、AlInSb、GaInSb、またはAlAs、InAs、GaAs、AlSb、GaSbおよびそれらの混晶のいずれであってもよい。また、前記第六化合物半導体層のn型ドーパントはSnであり、前記第七化合物半導体層および前記第八化合物半導体層のp型ドーパントはZnであってもよい。

[0025] さらに、前記第八化合物半導体層上に、インジウムおよびアンチモンを含み、該第八化合物半導体層と同等か、またはそれ以上の濃度にp型ドーピングされた材料である第九化合物半導体層を形成する工程をさらに有することができる。ここで、前記第九化合物半導体層は、InSbであってもよい。また、前記第九化合物半導体層のp型ドーパントはZn

nであってもよい。

二化合物半導体層 8 / 第三化合物半導体層 9 からなる化合物半導体センサ部 2 の例の断面図を示した（電極 1 3 は図示せず）。

[0035] なお、本明細書において、記号 / がある場合、記号 / の左側に記載される材料は、該記号 / の右側に記載される材料の上に形成されることを示す。よって、上述のように、第三化合物半導体層 / 第二化合物半導体層とある場合は、第二化合物半導体層上に第三化合物半導体層が形成されることを示す。

[0036] 本発明の一実施形態に係る、第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層は、p 型ドーピングされていてもよい。p 型のドーパントとしては、Be、Zn、C、Mg、Cd、Ge などが好ましく用いられる。ここで、ドーピング濃度とは、化合物半導体中にドーピングされる不純物原子の濃度である。p 型ドーピング濃度としては、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17}$ 原子 / cm^3 であり、より好ましくは、 $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{16}$ 原子 / cm^3 である。

[0037] 本発明の一実施形態に係る、第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層を p 型化する効果について以下に述べる。第一化合物半導体層、第二化合物半導体層や第三化合物半導体層を化合物半導体センサ部に用いる赤外線センサは、一般に光導電型赤外線センサと呼ばれる。光導電型赤外線センサの場合、感度 R_{pc} は、数 1 で表される。ここで、 λ は赤外線の波長、 h はプランク定数、 c は光速、 η は量子効率、 l はセンサ素子の長さ、 w はセンサ素子の幅、 V_b はバイアス電圧、 τ はキャリアのライフタイム、 d は化合物半導体層の膜厚、 N はセンサ素子のキャリア濃度、 q は電子の電荷、 μ は電子移動度、 R_{in} はセンサ素子の素子抵抗である。

[0038] [数 1]

$$R_{pc} = \frac{q\lambda}{hc} \cdot \frac{V_b\tau}{l^2} \cdot \eta \cdot \mu R_{in} = \frac{\lambda}{hc} \cdot \frac{V_b\tau}{lw} \cdot \eta \cdot \frac{1}{dN}$$

[0039] 数 1 によれば、赤外線センサの高感度化のために、化合物半導体層の膜特性としては、電子移動度が大きく、素子抵抗が大きく、キャリア濃度ができるだけ小さい膜特性が求められる。本発明の一実施形態に係る赤外線センサ IC の化合物半導体センサ部を構成する第一化合物半導体層や第二化合物半導体層、第三化合物半導体層は、ノンドープで n 型を示す薄膜材料である。従って、キャリア濃度低減のために、

／p型ドーピングされたInAsSb／n型ドーピングされたInSb、p型ドーピングされたGaInSb／p型ドーピングされたInAsSb／n型ドーピングされたGaInSb、p型ドーピングされたGaInSb／p型ドーピングされたInSb／n型ドーピングされたGaInSbなどのp-n接合積層体が好ましく用いられる。またp型ドーピングされたInSb／n型ドーピングされたInSb、高濃度にp型ドーピングされたInSb／低濃度にp型ドーピングされたInSb／n型ドーピングされたInSb、n型ドーピングされたInSb／低濃度にp型ドーピングされたInSb／高濃度にp型ドーピングされたInSbといった積層体も好ましい。

[0043] なお、本明細書において、記号／が複数ある場合も、記号／が1つある場合と同様に、複数の記号／のうち右側の記号／から左側の記号／に向けて順に、各材料が形成されることを示す。すなわち、例えば、p型ドーピングされたInSb／p型ドーピングされたInAsSb／n型ドーピングされたInSbとある場合は、n型ドーピングされたInSb上にp型ドーピングされたInAsSbが形成され、該p型ドーピングされたInAsSb上にはp型ドーピングされたInSbが形成されることを示す。

[0044] p型ドーパントは、すでに述べたものと同様の元素が使用できる。n型ドーパントは、Si、Sn、Te、S、Seなどが好ましく用いられる。図5には、n型GaAs基板6上に化合物半導体の積層体12が形成されている化合物半導体センサ部2の一例の断面図を示す（電極13は図示せず）。図5において、化合物半導体の積層体12が、高濃度n型ドーブ層12a／低濃度p型ドーブ層12b／高濃度p型ドーブ層12cの3層からなる例が示されている。

[0045] なお、本発明の一実施形態において、「積層体」とは、複数の化合物半導体を積層した積層構造を有する化合物半導体の膜のことである。

[0046] 化合物半導体の積層体12は、一般に、高濃度p型ドーブ層／低濃度p型ドーブ層／高濃度n型ドーブ層の3層構造からなっていることが好ましい。高濃度p型ドーブ層のドーピング濃度は、 $6 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子/cm³であり、より好ましくは $1 \times 10^{18} \sim 4 \times 10^{18}$ 原子/cm³である。また低濃度p型ドーブ層のドーピング濃度は、 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{18}$ 原子/cm³であり、より好ましくは $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{17}$ 原子/cm³である。高濃度n型ドーブ層のドーピング濃度は、 $6 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$ 原子/cm³であり、より好ましくは $1 \times 10^{18} \sim 4 \times 10^{18}$ 原子/cm³の範囲である。

請求の範囲

- [1] (補正後) 基板上に薄膜成長されたインジウム及びアンチモンを含む化合物半導体層を有し、該化合物半導体層により赤外線を検知して該検知を示す電気信号を出力する化合物半導体センサ部と、
- 前記化合物半導体センサ部から出力される電気信号を処理して所定の演算を行う集積回路部とを備え、
- 前記化合物半導体センサ部及び前記集積回路部が同一パッケージ内にハイブリッドの形態で配設されていることを特徴とする赤外線センサ I C。
- [2] 前記化合物半導体センサ部は、
- 基板と、
- 該基板上に、格子不整合を緩和させる層であるバッファ層をはさんで形成された化合物半導体層と
- を備えることを特徴とする請求項 1 記載の赤外線センサ I C。
- [3] 前記バッファ層が、AlSb、AlGaSb、AlGaAsSb、AlInSb、GaInAsSb、AlInAsSbのいずれかであることを特徴とする請求項 2 記載の赤外線センサ I C。
- [4] 前記化合物半導体層が、第一化合物半導体層の単層からなり、かつ該第一化合物半導体層が、InSb、InAsSb、InSbBi、InAsSbBi、InTlSb、InTlAsSb、InSbN、InAsSbNのいずれかであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の赤外線センサ I C。
- [5] 前記第一化合物半導体層が、p 型ドーピングされていることを特徴とする請求項 4 に記載の赤外線センサ I C。
- [6] 前記化合物半導体層が、
- インジウム及びアンチモンを含む材料である第二化合物半導体層と、
- 該第二化合物半導体層上に該第二化合物半導体層とヘテロ接合するように形成された、アンチモンを含み、かつ前記第二化合物半導体層とは異なる材料である第三化合物半導体層と
- を備えることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の赤外線センサ I C。
- [7] 前記第三化合物半導体層／前記第二化合物半導体層の組み合わせが、GaSb／

InSb、GaInSb/InSb、InSb/InAsSb、GaSb/InAsSb、GaInSb/In
AsSbの

たGaInSbのいずれかのp-n接合積層体であることを特徴とする請求項11記載の赤外線センサIC。

- [13] (補正後) 基板と、
該基板上に形成された、複数の化合物半導体層が積層された化合物半導体の積層体とを備え、
前記化合物半導体の積層体は、
該基板上に形成された、インジウム及びアンチモンを含み、n型ドーピングされた材料である第六化合物半導体層と、
該第六化合物半導体層上に形成された、インジウム及びアンチモンを含み、ノンドープあるいはp型ドーピングされた材料である第七化合物半導体層と、
該第七化合物半導体層上に形成された、前記第七化合物半導体層よりも高濃度にp型ドーピングされ、かつ前記第六化合物半導体層、及び前記第七化合物半導体層よりも大きなバンドギャップを有する材料である第八化合物半導体層とを備えることを特徴とする赤外線センサ。
- [14] 前記第六化合物半導体層はInSbであり、前記第七化合物半導体層は、InSb、InAsSb、InSbNのいずれかであり、前記第八化合物半導体層は、AlInSb、GaInSb、またはAlAs、InAs、GaAs、AlSb、GaSb及びそれらの混晶のいずれかであることを特徴とする請求項13記載の赤外線センサ。
- [15] 前記第六化合物半導体層のn型ドーパントはSnであり、前記第七化合物半導体層及び前記第八化合物半導体層のp型ドーパントはZnであることを特徴とする請求項13または14記載の赤外線センサ。
- [16] 前記化合物半導体の積層体は、
前記第八化合物半導体層上に形成された、インジウム及びアンチモンを含み、該第八化合物半導体層と同等か、またはそれ以上の濃度にp型ドーピングされた材料である第九化合物半導体層をさらに備えることを特徴とする請求項13乃至15のいずれかに記載の赤外線センサ。
- [17] 前記第九化合物半導体層は、InSbであることを特徴とする請求項16記載の赤外線センサ。

- [18] 前記第九化合物半導体層のp型ドーパントはZnであることを特徴とする請求項16または17記載の赤外線センサ。
- [19] 前記基板は、半絶縁性、または前記基板と該基板に形成された第六化合物半導体層とが絶縁分離可能である基板であり、
前記第六化合物半導体層のうち、前記第七化合物半導体層が形成されていない領域に形成された第1電極と、
前記第八化合物半導体層上に形成された、第2電極と
をさらに備えることを特徴とする請求項13乃至18のいずれかに記載の赤外線センサ。
- [20] 前記基板上には、前記化合物半導体の積層体に形成された第1の電極と、該第1の電極が形成された化合物半導体の積層体の隣の化合物半導体の積層体に形成された第2の電極とが直列接続するように、複数の前記化合物半導体の積層体が連続的に形成されていることを特徴とする請求項19記載の赤外線センサ。
- [21] 出力信号を測定する際に、前記第1及び第2の電極間のバイアスをゼロバイアスとし、赤外線入射時の信号を開放回路電圧として読み出すことを特徴とする請求項19または20記載の赤外線センサ。
- [22] 請求項13乃至21のいずれかに記載の赤外線センサと、
前記赤外線センサから出力される電気信号を処理して所定の演算を行う集積回路部とを備え、
前記赤外線センサ及び前記集積回路部が同一パッケージ内にハイブリッドの形態で配設されていることを特徴とする赤外線センサIC。
- [23] (補正後) 基板上に、インジウム及びアンチモンを含み、n型ドーピングされた材料である第六化合物半導体層を形成する工程と、
該第六化合物半導体層上に、インジウム及びアンチモンを含み、ノンドープあるいはp型ドーピングされた材料である第七化合物半導体層を形成する工程と、
該第七化合物半導体層上に、前記第七化合物半導体層よりも高濃度にp型ドーピングされ、かつ前記第六化合物半導体層、及び前記第七化合物半導体層よりも大きなバンドギャップを有する材料である第八化合物半導体層を形成する工程と